



# Langzeitergebnis nach Ballonangioplastie kruraler Arterien

## Welche Faktoren beeinflussen die Beinerhaltungs- und Überlebensraten?

### Hintergrund

Die Prävalenz der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (PAVK) wird mit 3–10 % angegeben, wobei sie mit steigendem Alter deutlich zunimmt und bei Patienten über 70 Jahre bei etwa 15–20 % liegt [1, 2]. Entsprechend der klinischen Symptomatik (Tab. 1) und der stärksten Ausprägung der PAVK unterscheidet man verschiedene Stadien bzw. Verteilungstypen. Die Übergänge der Verteilungstypen (Schultergürtel-, Becken-, Oberschenkel-, Unterschenkel- und akraler Typ) können fließend sein und es kann eine diffuse Verteilung vorherrschen (Mehretagentyp). Etwa 85 % der PAVK manifestiert sich im Bereich der Becken-Bein-Arterien. Je nach Risikoprofil des Patienten kommt es oft zu einer Hauptmanifestation, z. B. Unterschenkeltyp (etwa 20 % der Patienten mit PAVK) bei Patienten mit langjährigem Diabetes mellitus. Der Oberschenkeltyp ist mit 50 % der häufigste Lokalisations-typ.

In den Stadien II nach Fontaine und Kategorien 1–3 nach Rutherford (Claudicatio intermittens), zeichnet sich die Krankheit durch einen relativ gutartigen Verlauf aus. Bei über zwei Drittel der Personen mit Claudicatio intermittens bleiben die Beschwerden stabil, und das Risiko, dass in den nächsten 5 Jahren ein chirurgischer Eingriff oder eine Amputation nötig ist, liegt lediglich bei etwa

10 %. Die Stadien III und IV dagegen bergen ein beträchtliches Risiko, dass es zum Verlust der betroffenen Extremität kommt. Allgemein liegt die Hauptbedrohung der PAVK indessen nicht in den lokalen Komplikationen, sondern – da sie in vielen Fällen von einer obstruierenden Arteriosklerose der koronaren und intrakraniellen Gefäße begleitet ist – in der deutlich erhöhten Gefahr, einen Herzinfarkt oder Schlaganfall zu erleiden. Die PAVK stellt einen prognostischen Marker für die kardiovaskuläre Mortalität dar, indem mit zunehmendem Schweregrad das Sterberisiko ansteigt [2].

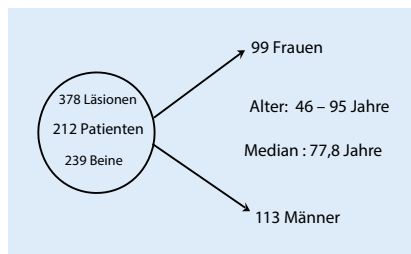
Heute ist die perkutane transluminale Angioplastie (PTA), mit und ohne adjuvante Verfahren wie der Stentimplantation, eine Standardtherapie und wird alleine oder simultan während einer Ge-

fäßoperation durchgeführt. In einem gemeinsamen (zwischen Angiologen, Gefäßchirurgen, Kardiologen und Radiologen) regelmäßig überarbeiteten Konsensdokument, TASC I, bzw. TASC II (Trans-Atlantic Inter-Society Consensus Document on Management of Peripheral Arterial Disease), einigte man sich auf eine Klassifizierung und Therapieempfehlung in Abhängigkeit von Lokalisation und Ausprägung der Läsion [4]. Eine Therapieempfehlung für Läsionen der infrapoplitealen Arterien gibt TASC jedoch nicht vor. Wir benutzten deshalb die „Guidelines for Percutaneous Transluminal Angioplasty“ des „Standards of Practice Committee of the Society of Cardiovascular and Interventional Radiology“, da hier klare Vorgaben zur Behand-

**Tab. 1** Klassifikation der PAVK

Fontaine		Rutherford		
Stadium	Klinisches Bild	Grad	Kategorie	Klinisches Bild
I	Asymptomatisch	0	0	Asymptomatisch
Ila	Gehstrecke > 200 m	I	1	Leichte Claudicatio intermittens
IIb	Gehstrecke < 200 m	I	2	Mäßige Claudicatio intermittens
		I	3	Schwere Claudicatio intermittens
III	Ischämischer Ruheschmerz	II	4	Ischämischer Ruheschmerz
IV	Ulkus, Gangrän	II	5	Kleinflächige Nekrose
		III	6	Großflächige Nekrose

Fontaine entwickelte 1954 eine Klassifikation der PAVK nach Stadien, welche bis heute im klinischen Alltag gebräuchlich ist. Diese Einteilung wurde von Rutherford erweitert und in Grade und Kategorien gegliedert [3].



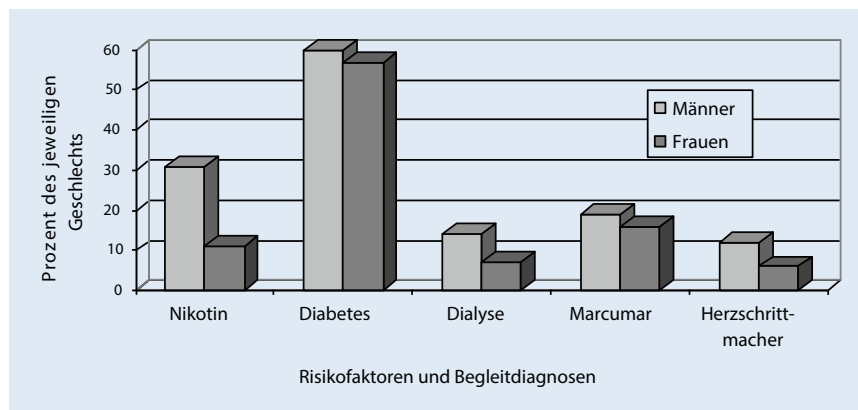
**Abb. 1** ▲ Alters und Geschlechtsverteilung der 212 behandelten Patienten (239 Beine sowie 378 behandelte Läsionen infragenual) im Zeitraum 2002–2005 mit Nachbeobachtung bis 2011

lung von Läsionen der Unterschenkelarterien vorhanden sind [5].

## Ziel der Studie

Im Vergleich zur Beckenetage und zum Oberschenkel ist die Datenlage (Langzeitergebnisse mit prognostischen Variablen) zur PTA der Unterschenkelarterien gering. Die Diskrepanz zwischen zunehmendem Einsatz der PTA im Unterschenkelbereich und der Weiterentwicklung des Instrumentariums und trotzdem unsicherer Studienlage motivierte uns zur Aufarbeitung der durch uns durchgeführten Angioplastien am Unterschenkel.

In unserem Haus wurden alle im Institut für diagnostische und interventionelle Radiologie durchgeführten kruralen Ballondilatationen, mit oder ohne Stentimplantation, zwischen 2001 und 2005 dokumentiert. Prozedurrelevante Daten wurden prospektiv in einer Datenbank dokumentiert und mit Fokus auf klinische Erfolgsrate, Komplikationen und Langzeiterfolg analysiert. In den Jahren 2009 und 2011 wurde versucht, alle Patienten zu kontaktieren und bei Bedarf eine angiographische Vergleichsaufnahme anzufertigen. Von besonderem Interesse war hierbei die Offenheitsrate der behandelten Stellen durch angiographische Kontrolle des PTA-Ergebnisses in Korrelation zur Klinik. Es handelt sich also um eine klinische und statistische Langzeitstudie zur Erfassung der Faktoren, die einen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate nach PTA kruraler Arterien haben.



**Abb. 2** ▲ Risikofaktoren für die periphere arterielle Verschlusskrankheit (PAVK) bei 212 Patienten

## Material und Methoden

### Patienten

Die 212 Patienten, welche in die Studie aufgenommen wurden (Abb. 1) verteilten sich gleichmäßig auf die 4 Jahre der Behandlung. Der erste Patient wurde am 08.01.2002 und der letzte Patient am 15.12.2005 behandelt. Die Alters- und Geschlechtsverteilung der Patienten sowie Anzahl der behandelten Läsionen und Beine zeigt Abb. 1. Das Durchschnittsalter der behandelten Patienten war mit 77,8 Jahren bemerkenswert hoch.

Die Verteilung der Risikofaktoren ist in Abb. 2 dargestellt. Ein Diabetes mellitus lag bei 124 Patienten (58,5 %) und eine Raucheranamnese bei 46 Patienten (21,7 %) vor. Eine Dialysepflicht bestand bei 14,2 % der Männer und bei 7,1 % der Frauen. Einen Herzschrittmacher hatten 18 Patienten (8,5 %).

### Klassifikation der behandelten Läsionen nach SIR

Die behandelten Läsionen wurden entsprechend den Leitlinien zur PTA der SCVIR („Guidelines for Percutaneous Transluminal Angioplasty“ des „Standards of Practice Committee of the Society of Cardiovascular and Interventional Radiology“) eingestuft [5, 6], da in dieser Klassifikation auch Empfehlungen speziell für den Unterschenkel existieren. Die SCVIR wurde 2002 in die SIR (Society of Interventional Radiology) umbenannt, weshalb wir im Weiteren von der SIR-Klassifikation sprechen.

Die SIR-Klassifikation für den kruralen Bereich zeigen Tab. 2 und 3 die Therapieempfehlung der SIR entsprechend der Läsionskategorie.

Die SIR-Klassifikation der behandelten Läsionen in unserem Patientenkollektiv zeigt Abb. 3. Am häufigsten wurden Läsionen vom Typ SIR 4 (32,8 %) und SIR 3 (26,2 %) behandelt. Typ SIR 1 lag bei 21,2 % und SIR 2 bei 19,8 % der behandelten Läsionen vor.

### PAVK-Stadium vor Therapie und behandelte Arterien

Die Verteilung des PAVK-Stadiums der Patienten ( $n = 212$ ) nach Fontaine bezogen auf die behandelten Beine ( $n = 239$ ) zeigt Abb. 4. Im Stadium II wurden 78 (32,6 % von 239 Beinen) Behandlungen durchgeführt, im Stadium III wurden 30 Patienten behandelt (12,6 % von 239 Beinen) und im Stadium IV erfolgten 131 (54,8 % von 239 Beinen) Behandlungen.

Es wurden 378 Dilatationen im Bereich der Unterschenkelarterien durchgeführt, Tab. 4 zeigt Anzahl und Lokalisation der behandelten Läsionen und Gefäße. Am häufigsten wurden Läsionen im Bereich der A. tibialis anterior (28 %) und A. fibularis (26,2 %) behandelt.

### Mehretagenbefall

Ein klinisch relevanter Mehretagenbefall wurde bei 36 Patienten (17 %) diagnostiziert. Es handelt sich um 2 Patienten mit Läsionen im arteriellen Beckenstrombahn und 34 Patienten mit Stenosen und Verschlüssen im Bereich der Oberschenkelarterien. Alle Läsionen wur-

I. K. Tesdal · C. K. Krzemien · C. Weiss

## Langzeitergebnis nach Ballonangioplastie kruraler Arterien. Welche Faktoren beeinflussen die Beinerhaltungs- und Überlebensraten?

### Zusammenfassung

**Zielsetzung.** Klinische und statistische Studie zur Erfassung der Faktoren, welche einen signifikanten Einfluss auf die Offenheitsrate, die Beinerhaltungsrate und die Überlebensrate nach PTA von Unterschenkelarterien haben.

**Material und Methoden.** Retrospektiv wurden die Daten von Patienten, die sich im Zeitraum zwischen Januar 2002 und Dezember 2005 eine Unterschenkel-PTA aufgrund einer chronisch kritischen Ischämie oder einer schweren Claudicatio einer Angioplastie der Unterschenkelarterien unterzogen, analysiert. Bei 212 Patienten mit einem mittleren Alter von 77,8 Jahren (113 Männer und 99 Frauen) wurden 239 untere Extremitäten infragenual angioplastiert. Diese Patienten wurden zwischen Januar 2009 und Dezember 2010 kontaktiert, der Verlauf dokumentiert, klinisch nachuntersucht und ggf. wurde eine Kontrollangiographie durchgeführt. Primäre Endpunkte der Studie waren Beinerhaltungsrate und Mortalität.

Sekundäre Endpunkte waren klinischer und technischer Erfolg, Komplikationsrate und Offenheitsrate. In Bezug auf Offenheitsrate, Mortalität und Beinerhaltungsrate wurde eine Regressionsanalyse der klinischen und morphologischen Variablen durchgeführt. **Ergebnisse.** Ein technischer Erfolg konnte bei 98,4 % der Patienten erzielt werden. Im Abschlusszeitraum von Januar 2009 bis Dezember 2010 waren 49,5 % der Patienten verstorben. Im gesamten Beobachtungszeitraum von Januar 2002 bis Dezember 2011 wurden 118 der 239 behandelten Beine (49,9 %) angiographisch kontrolliert. Die primäre Offenheitsrate nach PTA war 72,0 % nach 6 Monaten und 62,8 % nach 12 Monaten und wurde statistisch signifikant nur durch den Risikofaktor Dialysepflicht ( $p = 0,0207$ ) beeinflusst. Nach einer mittleren Beobachtungsdauer von 3,7 Jahren erhielten 48 Patienten (22,6 % von 212 Patienten insgesamt) eine Minor- oder Majoramputation

an 53 Beinen (22,2 % von 239 Beinen). Die Beinerhaltungsrate nach Kaplan-Maier-Analyse betrug 85,4 % nach 5 Jahren. Die mittlere Überlebensrate nach Kaplan-Maier betrug 79,7, 72,2, 67,3 und 51,4 % nach 1, 2, 3 bzw. 5 Jahren. Statistisch signifikante negativ prognostische Variablen für das Langzeitüberleben und die Beinerhaltungsrate waren Amputation ( $p = 0,0017$ ) und Dialyse ( $p = 0,0011$ ) bzw. fehlende Offenheit der A. fibularis ( $p < 0,0001$ ) sowie Dialyse ( $p < 0,0001$ ).

**Schlussfolgerung.** Die Mortalitätsrate und der klinische Langzeiterfolg ist statistisch signifikant abhängig von Amputationsrate, Offenheit der A. fibularis und Dialysepflicht.

### Schlüsselwörter

PTA · Fontaine-Stadien · Infrapopliteale Arterien · Krurale Arterien · Prognostische Variablen

## Long-term results after balloon angioplasty of crural arteries. Which factors influence leg salvage and survival rates?

### Abstract

**Aim.** Clinical and statistical study analysing factors with influence on success rates, procedure-related complications, and long-term results for patients who underwent angioplasty of the crural arteries.

**Material and methods.** Retrospectively we evaluated all patients who underwent angioplasty of the crural arteries due to critical chronic limb ischemia or severe claudication in the time period from 1/2002 to 12/2005. These patients were contacted in the time period from 1/2009 to 12/2010, and a follow-up examination including angiography was performed or telephone interviews were conducted with patients, relatives and referring physicians for follow-up. 212 patients with a mean age of 77.8 years (99 women and 113 men) underwent crural angioplasty on 239 limbs. The primary end points were the limb salvage rate and patient survival

rate. The secondary end points included the complication rate, technical success rate, and patency rate. The prognostic relevance of treatment and selected variables with respect to limb salvage and patient survival were analysed with multiple logistic regression. **Results.** The technical success rate was 98.4%. Between 1/2009 and 12/2010, 49.5% of the patients died. An angiographic follow-up study was performed in 49.9% of the treated legs. The primary patency-rate (72% after 6 months and 62.8% after 12 months) was significant, influenced only by the riskfactor dialysis ( $p = 0.0207$ ). After a mean follow-up of 3.7 years, 48 patients (22.6%) experienced minor- or major-amputation on 53 legs (22.2%). The limb salvage rate (Kaplan-Maier estimation) was 85.4% after 5 years. The mean survival rate according to Kaplan-Meier was 79.7, 72.2, 67.3 and 51.4% after 1, 2, 3

and 5 years, respectively. Results of multiple logistic regression analysis showed that negative prognostic variables with respect to patient survival were amputation ( $p = 0.0017$ ) and dialysis ( $p = 0.0011$ ) and with respect to limb salvage dialysis ( $p < 0.0001$ ) and non-patent peroneal artery ( $p < 0.0001$ ).

**Conclusion.** Balloon angioplasty of the crural arteries shows a high technical success rate with an acceptable complication rate. Dialysis and non-patent peroneal artery are negative prognostic variables for the clinical long-term success.

### Keywords

Percutaneous transluminal angioplasty · Fontaine classification · Infrapopliteal arteries · Crural arteries · Prognostic variables

**Tab. 2** Klassifikation der Stenosen und Verschlüsse der Unterschenkelarterien nach SIR [5]

Kategorie	Kruraler Bereich
1	Einzelstenose < 1 cm Länge
2	Multiple Stenosen < 1 cm Länge 1–2 Stenosen < 1 cm Länge an der Tritorkation Stenose einer Unterschenkelarterie bei femoropoplitealem Bypass
3	Stenosen von 1–4 cm Länge 1–2 cm lange Verschlüsse der ATA oder AF Ausgedehnte Stenosen an der Tritorkation
4	Verschluss > 2 cm Länge und/oder diffuse Arteriosklerose

*SIR Society of Interventional Radiology, ATA A. tibialis anterior, AF A. fibularis*

**Tab. 3** Therapieempfehlung der SIR entsprechend der Läsionskategorie [5, 6]

Kategorie	PTA-Eignung	Erwartetes Resultat
1	Methode der Wahl	Beschwerdefreiheit
2	Gut geeignet	Symptombesserung bis Beschwerdefreiheit
3	Zugänglich (bei erhöhtem Operationsrisiko möglich)	Mäßiger Erfolg
4	Ungeeignet (Ausnahmeindikation)	Kurzfristiger Erfolg

*SIR Society of Interventional Radiology, PTA perkutane transluminale Angioplastie*

**Tab. 4** Lokalisation und Anzahl der behandelten Läsionen und Gefäße im Unterschenkel

Anzahl (Gesamt 378)	Prozent (von 378)	Lokalisation	
106	28,0	ATA	A. tibialis anterior
99	26,2	AF	A. fibularis
75	19,8	TTF	Truncus tibiofibularis
64	16,9	P3	A. poplitea, Segment 3
26	6,9	ATP	A. tibialis posterior
6	1,6	ADP	A. dorsalis pedis
2	0,5	APL	A. plantaris

**Tab. 5** Zeiträume der Datenerhebung

Zeiträume	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Einschluss 01/02–12/05	2002	2003	2004	2005						
Abschluss 01/09–12/11								2009	2010	2011
Beobachtung 01/02–12/11	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011

den erfolgreich mithilfe endovaskulärer Behandlungsmethoden therapiert. Die Technik dieser Methoden ist in mehreren Publikationen detailliert beschrieben worden [7, 8].

### Verlaufsbeobachtung

Die Zeiträume der Datenerhebung zeigt **Tab. 5**. Um die Daten besser zuordnen zu können, definierten wir 3 Zeiträu-

me. Der Einschlusszeitraum umfasst jeweils einschließlich Januar 2002 bis Dezember 2005 und damit die Zeit des Studieneinschlusses, in welcher eine krurale PTA stattgefunden haben muss. Der Abschlusszeitraum erstreckt sich über die Jahre 2009 bis 2011, in welchem bei Überleben des Patienten ein Kontakt stattfinden musste oder bei Ableben die entsprechenden Informationen eingeholt

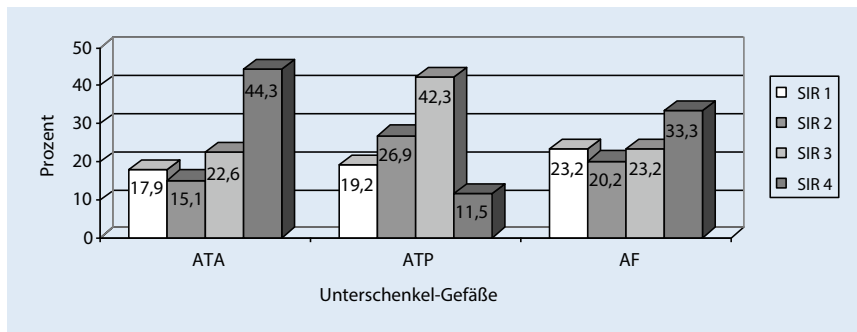
werden mussten. War dies nicht möglich, so wurde dies als Verlaufsabbruch („lost to follow-up“) gewertet, auch wenn in der Zeit zwischen Einschluss- und Abschlusszeitraum ein Kontakt stattfand. Zwischen 2009 und 2011 (dies ist der Abschlusszeitraum) war das Ziel, alle in die Studie eingeschlossenen Patienten per Telefon, Brief, Fax oder Email zu erreichen. Die Kontaktdaten ergaben sich aus der Krankenakte, über den Hausarzt oder die weiterbehandelnde Klinik. Nach Kontaktaufnahme wurden alle krankheitsrelevanten Informationen über den Verlauf seit der letzten Vorstellung und der aktuelle Befund erfasst und in eine Datenbank eingetragen.

Der Beobachtungszeitraum ist die Zeit von der ersten kruralen PTA, welche zum Studieneinschluss führte, bis zum letzten dokumentierten Lebenszeichen bzw. dem Tod des Patienten. 118 Beine (49,9 %) mit insgesamt 188 behandelten Läsionen wurden während der Nachbeobachtung durch Angiographie (digitale Subtraktionsangiographie oder MR-Angiographie) untersucht.

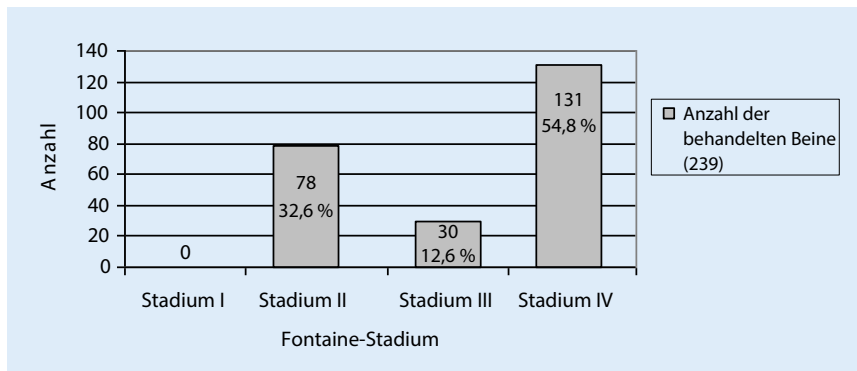
### Statistische Auswertung

Alle erhobenen Daten wurden bereits beim ersten Patientenkontakt prospektiv in einer Microsoft-Excel-Datei (Interventionsdatenbank) aufgenommen (Microsoft Excel 2002 SP3). Aus dieser Datenbank erfolgte die weitere Verarbeitung der Daten. Die Summen, die Prozente, die arithmetischen Mittel und die Mediane wurden mit dem Programm Excel berechnet.

Zur weiteren Bearbeitung wurden die Originaldaten in das Statistikprogramm paket SAS, release 9.3 (SAS Institute Inc., Cary NC, USA) importiert. Die statistischen Analysen wurden in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Medizinische Statistik, Biomathematik und Informationsverarbeitung der Fakultät für Klinische Medizin Mannheim der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg durchgeführt. An Endpunkten analysierten wir das Überleben und das amputationsfreie Überleben, die Minor- und die Majoramputation sowie die Amputation generell und außerdem die primäre Offenheit. Mit Kaplan-Meier-



**Abb. 3** ▲ Prozentuale Verteilung der 4 Läsionstypen nach Society of Interventional Radiology (SIR [5]) an den einzelnen Unterschenkelarterien. ATA A. tibialis anterior, ATP A. tibialis posterior, AF A. fibularis



**Abb. 4** ▲ PAVK-Stadium (periphere arterielle Verschlusskrankheit) der Patienten nach Fontaine bezogen auf die behandelten Beine

Kurven erfolgte die graphische Darstellung. Zum Vergleich der Kaplan-Meier-Kurven wurde der Log-rank-Test herangezogen, d. h. es wurde überprüft, ob eine bestimmte Einflussgröße den Endpunkt beeinflusst. Um unerwartete Zusammenhänge zu erkennen, wurde eine multiple Analyse durchgeführt. Wenn bei Parametern ein statistisch signifikanter Einfluss vorhanden war, wurde die Hazard Ratio (momentane Ausfallrate) errechnet. Zusätzlich wurden mit einer Cox-Regression mehrere Einflussgrößen simultan analysiert. Das Ergebnis eines statistischen Tests wurde als signifikant bezeichnet, wenn der p-Wert unter 0,05 lag. Bei einem p-Wert zwischen 0,05 und 0,10 wurde das Ergebnis als schwach signifikant gewertet.

## Ergebnisse

### Frühergebnisse

Die Frühergebnisse zeigt **Tab. 6**. Die technische Erfolgsrate und die Anzahl

der Reststenosen sind bezogen auf behandelte Läsionen, während die Anzahl der Komplikationen sich auf behandelte Patienten bezieht. Die aufgeführten Komplikationen beziehen sich auf die SIR-Klassifikation [6]. Diese Klassifikation spiegelt die Folgen der Komplikation in Bezug auf Weiterbehandlung und bleibende Schäden wider. Majorkomplikationen werden in 4 Schweregrade (C, D, E und F) eingeteilt:

- C ausgiebige Therapie notwendig oder ungeplanter Krankenhausaufenthalt (24–48 h),
- D ausgiebige Therapie notwendig mit erhöhtem Behandlungsaufwand und verlängertem Krankenhausaufenthalt (über 48 h),
- E permanente Folgeschäden,
- F Tod.

Bei 11 schweren Komplikationen in unserem Patientenkollektiv handelte es sich in 7 Fällen um Schweregrad C (Embolie [ $n = 6$ ] und Aneurysma spurium) und in 3 Fällen um Schweregrad D (Embolie

[ $n = 2$ ] und Nierenversagen). Im Rahmen einer PTA kam es zum Tod des Patienten (Schweregrad E). Damit betrug die 30-Tage-Letalität 0,5 % (1 von 212). Hierbei handelte es sich um eine 80-jährige Patientin nach ambulant geplanter PTA mit langstreckigem Verschluss. Nach Prosta-vasingabe entwickelte sich eine kardiale Insuffizienz, welche die stationäre Aufnahme zur Folge hatte. Im weiteren Verlauf kam es zur Tracheotomie, Vorfußamputation und schließlich 24 Tage nach PTA zum Tod durch Herzversagen. Acht Monate zuvor wurden dieselben Stellen mittels PTA ohne Probleme ambulant behandelt.

### Spätergebnisse

Die mittlere Nachbeobachtungszeit betrug 3,7 Jahre (Spannweite bis etwa 9 Jahre). Achtundvierzig Patienten (22,6 %) erhielten Minor- oder Majoramputationen an 53 Beinen (Minoramputationen 20/212 [9,4 %], Majoramputationen 28/212 [13,2 %]). Die Beinerhaltungs- bzw. mediane Überlebensraten nach Kaplan-Meier zeigen **Abb. 5 und 6**. Die Beinerhaltungsrate (Kaplan-Meier-Analyse) betrug nach 5 Jahren 85,4 %, die mediane Überlebensrate nach Kaplan-Meier 79,7, 72,2, 67,3 und 51,4 % nach 1, 2, 3 und 5 Jahren.

Die primäre Offenheitsrate der behandelten Unterschenkelarterien bis einschließlich 3 Jahre ist in **Tab. 7** dargestellt. Alle symptomatischen Läsionen konnten erfolgreich mit PTA behandelt werden.

### Statistische Auswertung der beeinflussenden Faktoren bzgl. Beinerhaltungs-, Überlebens- sowie Offenheitsraten

Die Risikofaktoren Dialyse, Nikotinkonsum und Diabetes mellitus, die Abstromverhältnisse, das PAVK-Stadium nach Fontaine, die Lokalisation und der Läsionstyp wurden statistisch ausgewertet, um die Endpunkte zu ermitteln und Einflussparameter zu analysieren. Wenn bei Parametern ein statistisch signifikanter Einfluss vorhanden war, wurde die Hazard Ratio (momentane Ausfallrate)



Tab. 6 Frühergebnisse	
Technischer Erfolg	371/378 (98,4 %)
Reststenose (30–50 %)	7/378 (2 %)
Komplikationen	22/212 (10 %)
Leicht („minor“)	11/212 (5,2 %)
Schwer („major“)	11/212 (5,2 %)
30-Tage-Mortalität	1/212 (0,5 %)

Tab. 7 Primäre Offenheit am Unterschenkel							
	0 Tage	1 Monate	3 Monate	6 Monate	1 Jahre	2 Jahre	3 Jahre
n	107/107	101/104	95/108	85/118	76/121	59/118	42/108
%	100,0	97,1	88,0	72,0	62,8	50,0	38,9

*n* Anzahl der offenen Läsionen/Anzahl der zu diesem Zeitpunkt dokumentierten Läsionen, % primäre Offenheit in Prozent (offene Läsionen dokumentierter Läsionen)

errechnet. Die prognostische Relevanz der Behandlung und der selektionierten Variablen in Bezug auf Offenheit, Beinerhaltungs- und Überlebensrate wurde mithilfe multipler logistischer Regression analysiert. Die Regressionsanalyse (Cox-Regression) macht es möglich, mehrere Einflussgrößen simultan zu analysieren.

## Primäre Offenheit

Der Nikotinkonsum hatte keinen signifikanten Einfluss auf die primäre Offenheit ( $p$ -Wert = 0,8981). Auch das Geschlecht, die SIR-Klasse, der Abstrom und Diabetes mellitus hatten keinen signifikanten Einfluss auf die primäre Offenheit. Mit steigender SIR-Klasse nimmt zwar die primäre Offenheit ab und bestätigt damit die Erwartungen, allerdings ohne statistische Signifikanz. Ein Vergleich der 3 Unterschenkelarterien ergab im Log-rank-Test keine signifikanten Unterschiede ( $p$  = 0,9224).

Die primäre Offenheit nimmt mit steigendem Fontaine-Stadium ab. Am Unterschenkel ergab sich sogar zwischen Stadium II und III im Log-rank-Test ein signifikanter Unterschied ( $p$  = 0,0350, Hazard Ratio 0,534). Allerdings verliert das Fontaine-Stadium seinen signifikanten Einfluss in der multiplen Analyse, da eine Abhängigkeit von der Dialyse festgestellt wurde. Diese stellt eine eigenständige signifikante Beeinflussung der primären Offenheit dar. Für Dialysepatienten war die nachgewiesene primäre Offenheit hoch signifikant kürzer als für Nichtdialysepatienten ( $p$  = 0,0207). Bei dieser Auswertung ist zu bedenken, dass die beiden Endpunkte Rezidiv und Beobachtungsende gleichgesetzt wurden.

## Amputationsraten

Der Diabetes mellitus hatte keinen Einfluss auf die Amputations- und Überlebensraten. Zwar erhielten mehr Diabetikerpatienten eine Majoramputation (14,7 vs. 9,4 % Nichtdiabetiker), allerdings war der Unterschied nicht signifikant ( $p$  = 0,1661).

## Tibiale Arterien

Erwartungsgemäß kam es bei 3 offenen Unterschenkelarterien zu keiner Majoramputation, und mit sinkendem distalem Abstrom stieg die Majoramputationshäufigkeit. Zu beachten sind Ausreißer bei geringer Fallzahl. So kam es bei der Kombination aus nur offener A. tibialis anterior et posterior in nur 2 Fällen zu einer Majoramputation, wobei aber auch insgesamt bei 239 behandelten Beinen nur 3-mal isoliert diese Kombination aus offener A. tibialis anterior et posterior vorkam. Für die Minoramputationen erhielten wir ähnliche Ergebnisse. Es fällt auf, dass die Majoramputationshäufigkeit sinkt, sobald die A. fibularis offen ist. Betrachtet man die 239 Beine und vergleicht die Offenheit der einzelnen Unterschenkelarterien mit der Majoramputationshäufigkeit, wird die Bedeutung der A. fibularis noch deutlicher. Die Korrelation zwischen Häufigkeit einer Majoramputation und Offenheit der 3 Unterschenkelarterien zeigt **Abb. 7**. Auch bzgl. der Minoramputationen sticht der Vorteil einer frei durchgängigen A. fibularis hervor. Bei offener A. fibularis kam es deutlich seltener zu einer Minoramputation als bei verschlossener A. fibularis. Bei den tibialen Arterien stellte sich dieser Unterschied nicht so ausgeprägt dar.

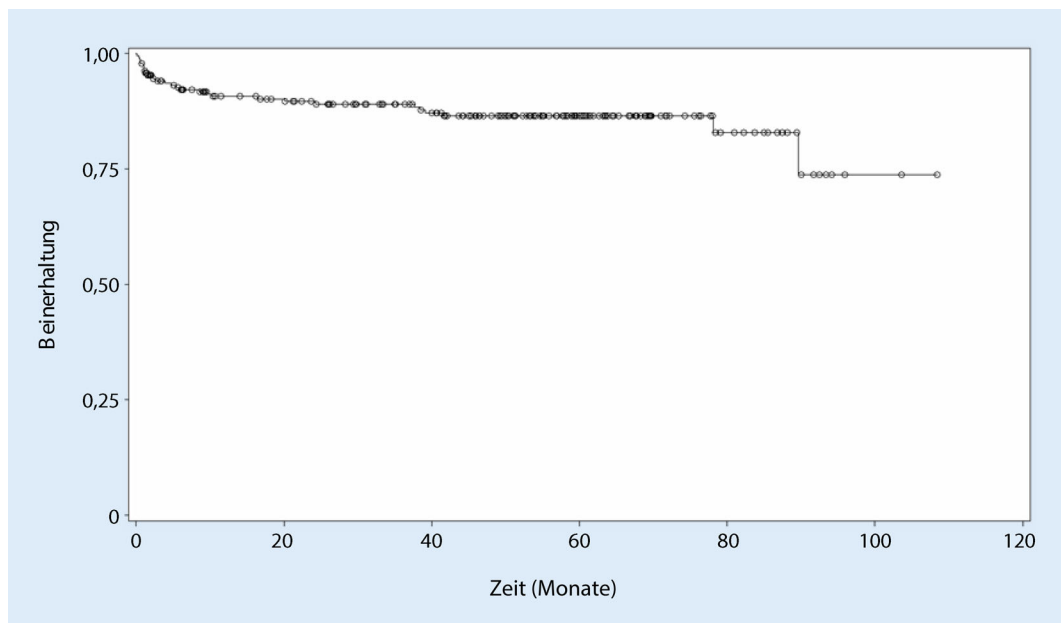
## A. fibularis

Während zwischen den beiden tibialen Arterien kein wesentlicher Unterschied bestand, ereigneten sich bei offener

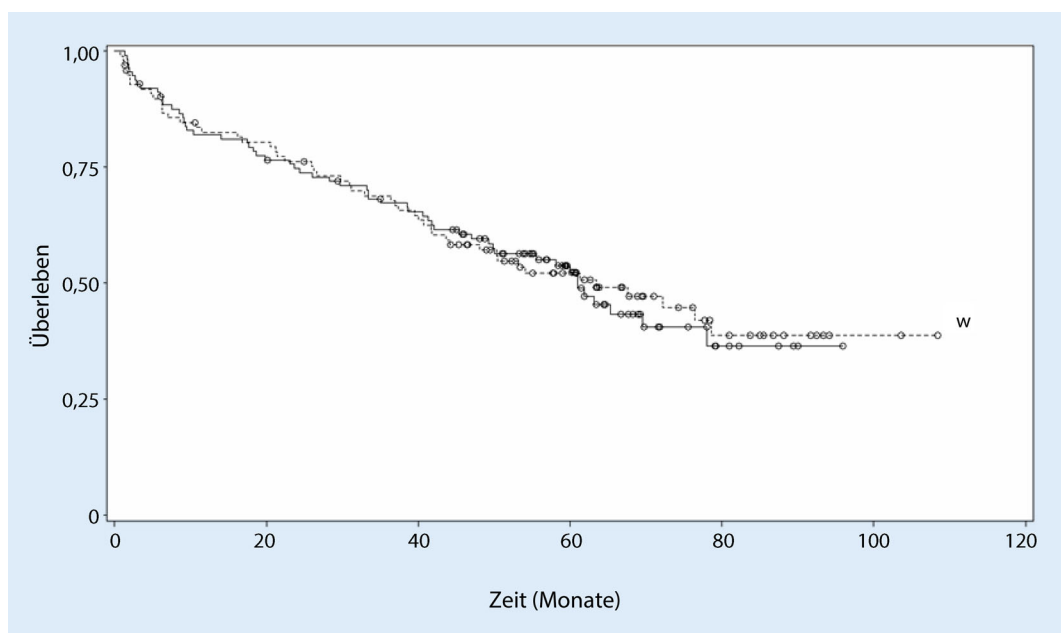
A. fibularis (unabhängig vom Offenheitsstand der tibialen Arterien) deutlich weniger Majoramputationen bzw. bei verschlossener A. fibularis deutlich mehr. In 239 behandelten Beinen war die A. fibularis in 156 Fällen offen, hierbei kam es in 5,1 % der Fälle zu einer Majoramputation (8 von 156). Das bedeutet, bei offener A. fibularis konnte in 94,9 % der Fälle (148 von 156) eine Majoramputation verhindert werden. In 83 Fällen der 239 Beine war die A. fibularis verschlossen, hierbei kam es in 26,5 % der Fälle zu einer Majoramputation (22 von 83). Von den 239 Beinen waren in 140 Fällen mindestens eine tibiale Arterie offen (unabhängig vom Offenheitsgrad der A. fibularis) und hiervon kam es im weiteren Verlauf bei 12,9 % der Fälle zu einer Majoramputation (18 von 140). Das heißt, wenn eine oder beide tibialen Arterien offen waren (mit offener oder verschlossener A. fibularis), konnte in 87,1 % (122 von 140) eine Amputation vermieden werden. Die Offenheit der tibialen Arterien hatte keinen Einfluss auf das Eintreten einer Majoramputation ( $p$ -Werte im Log-rank-Test bei beiden über 0,7). Die Offenheit der A. fibularis hingegen stellte einen starken Einfluss auf das Risiko einer Majoramputation dar. Die Wahrscheinlichkeit war statistisch hoch signifikant mit einem  $p$ -Wert von  $< 0,0001$  und einer Hazard Ratio von 0,136. In der multiplen Analyse stellte sich der Offenheitszustand der A. fibularis als eigenständiger signifikanter Faktor dar mit  $p < 0,0001$  und Hazard Ratio = 0,159. Dies zeigt deutlich die große Bedeutung der A. fibularis für die Versorgung und den Erhalt des Unterschenkels und des Fußes (**Abb. 8**).

## Dialysepatienten

Dialysepatienten hatten ein höheres Risiko für eine Majoramputation als Nichtdialysepatienten ( $p < 0,0001$ ). Isoliert be-



**Abb. 5** ◀ Kaplan-Meier-Analyse der Beinerhaltungsrate (s. Text)



**Abb. 6** ◀ Kaplan-Meier-Darstellung des Überlebens getrennt nach Geschlecht. Es ergab sich kein signifikanter Unterschied ( $p = 0,8912$ ). w weiblich

trachtet (Regressionsanalyse) hatte die Dialyse einen eigenständigen Einfluss mit einem  $p$ -Wert = 0,0133 und einer Hazard Ratio = 2,781. Das bedeutet ein 2,781-fach erhöhtes Risiko für eine Majoramputation.

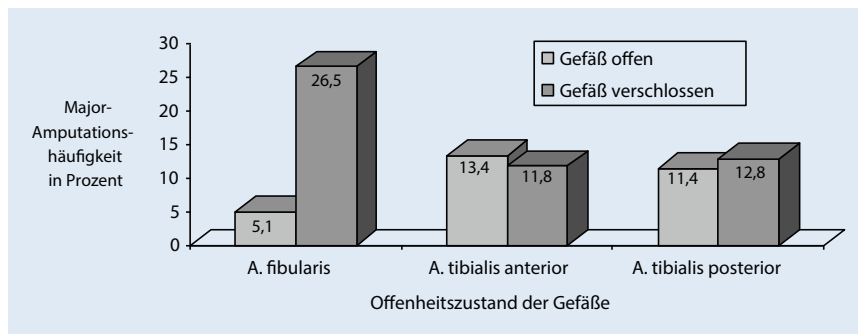
### Überleben und Todesfälle

Während des Beobachtungszeitraums wurden 108 Todesfälle (50,9 % von 212) von uns registriert, wobei unabhängig davon für 8 (3,8 %) der 212 beobachteten Patienten keine Verlaufsangaben

bis in den Abschlusszeitraum existierten (Verlaufsabbruch). Der jüngste verstorbene Patient war 46 Jahre alt und starb im Multiorganversagen bei Infekt und Gangrän beider Füße. Der älteste verstorbene Patient wurde 95 Jahre alt und verstarb an Nierenversagen nach arteriellem thrombembolischem Verschluss eines Beins. Der Median des Todesalters lag bei 79,5 Jahren und der Mittelwert bei 77,8 Jahren. Bei lediglich 6 Patienten (5,6 % von 212) konnte der Tod einer direkten Folge der PAVK der Beine zu-

geordnet werden. In allen 6 Fällen war dies ein Infekt, welcher von den Beinen ausging.

Es wurde ein Einfluss der Amputation auf das Überleben gefunden. In der statistischen multiplen Analyse wurde die generelle Amputation (Minor- oder Majoramputation) als eigenständiger Einfluss auf das Überleben erkannt. Es ergab sich ein signifikanter Unterschied ( $p = 0,0017$ , Hazard Ratio = 1,955) zwischen Patienten mit Zustand nach Amputation vs. Patienten mit amputationsfreiem Überleben.



**Abb. 7** ▲ Majoramputationshäufigkeit in prozentualer Abhängigkeit vom Offenheitszustand der einzelnen Unterschenkelarterien (s. Text)

Ein signifikant erhöhtes Risiko zum vorzeitigen Versterben hatten Dialysepatienten (nach 3 Jahren waren 60,9 % der Dialysepatienten verstorben vs. nur 27,5 % der Nichtdialysepatienten). In der Regressionsanalyse bestätigte sich die Dialyse als eigenständiger Einfluss mit einem p-Wert = 0,0005 und einer Hazard Ratio von 2,631.

### Fontaine-Stadium II

Bemerkenswert ist, dass es auch in der Patientengruppe im Fontaine-Stadium II in 5,1 % der Fälle (4 von 78 Beinen) Majoramputationen kam, die Hintergründe dafür haben wir näher analysiert.

**Fall 1.** Bei einem dieser 4 Patienten musste bereits nach 160 Tagen eine Majoramputation bei einem vorbestehenden verschlossenen Bypass und akuter kardialer Dekompensation vorgenommen werden. Bei diesem 64 Jahre alten Patienten mit Nikotinabusus und Diabetes mellitus als Risikofaktoren in der Anamnese kam es trotz gutem angiographischem Ergebnis zu rapider Verschlechterung der Klinik mit Nekrose und Osteomyelitis, Infektausbreitung und Pneumonie, was eine rasche Infektsanierung mit Unterschenkelamputation erforderlich machte.

**Fall 2.** Im 2. Fall wurde bei einer 78-jährigen Patientin ohne Risikofaktoren und ohne zuvor durchgeführte Behandlungen an den Beinarterien 6 Monate nach Erst-PTA des Truncus tibiofibularis ein Bypass auf die A. poplitea angelegt. Etwa weitere 2,5 Jahre später folgte die Neuanlage des Bypasses weiter distal auf die A. fibularis, womit die PTA-Stelle umgangen wurde.

Es kam zum erneuten Bypassverschluss mit Knieexartikulation (1145 Tage nach Erst-PTA), Stumpfinfekt mit multiresistenten Keimen und schließlich Tod durch Multiorganversagen.

**Fall 3.** Ein 81 Jahre alter Patient, Raucher, erhielt eine PTA der A. tibialis anterior bei vorbestehendem Bypass auf den Truncus tibiofibularis. Im weiteren Verlauf entwickelte sich ein Infekt am Unterschenkel, welcher mehrere Jahre persistierte. Es erfolgte keine weitere Vorstellung in der interventionellen Radiologie oder Gefäßchirurgie. Drei Jahre und 3 Monate später kam es zur Unterschenkelamputation bei septischer Gangrän und wenige Tage später zum tödlichen Mesenterialinfarkt.

**Fall 4.** Im 4. Fall erhielt eine Patientin mit Diabetes mellitus im Abstand von 2 Tagen eine PTA im P3-Segment rechts sowie eine PTA der A. tibialis anterior links ohne vorherige oder nachfolgende Gefäßinterventionen. Ohne weitere Vorstellung in unserer Klinik wurde auswärts 10 Monate später eine Oberschenkelamputation rechts durchgeführt und etwa 6,5 Jahre später auf der linken Seite, jeweils bei peripherem Infekt mit multiresistenten Keimen. Der Tod durch Herzversagen folgte weitere 2 Wochen später.

### Diskussion

Im Vergleich zur Becken- und Oberschenkelarterien existieren zur PTA von Unterschenkelarterien nur wenige Studien. Wagner u. Rager [9] beschrieben dies treffend in ihrem Übersichtsartikel „Infrapopliteale Angioplastie – die vergessene Region“ bereits 1998. Während sich

die PTA im iliakalen und auch im femoropoplitealen Bereich bei entsprechender Indikation als Standardtherapie etabliert hat, fehlen Richtlinien für die Behandlung von Läsionen im Unterschenkel. Unter Berücksichtigung der damals aktuellen Studienlage kamen die damaligen Autoren zu dem Schluss, dass die krurale Angioplastie gute kurzfristige Ergebnisse liefere, allerdings langfristig mit einer hohen Restenoserate behaftet sei und weitere Studien und Entwicklungen nötig wären [8]. Auch in den TASC-Dokumenten I und II von 2000 bzw. 2007 fehlen Empfehlungen zur Therapie infrapoplitealer Läsionen [4].

### PTA im Unterschenkelbereich

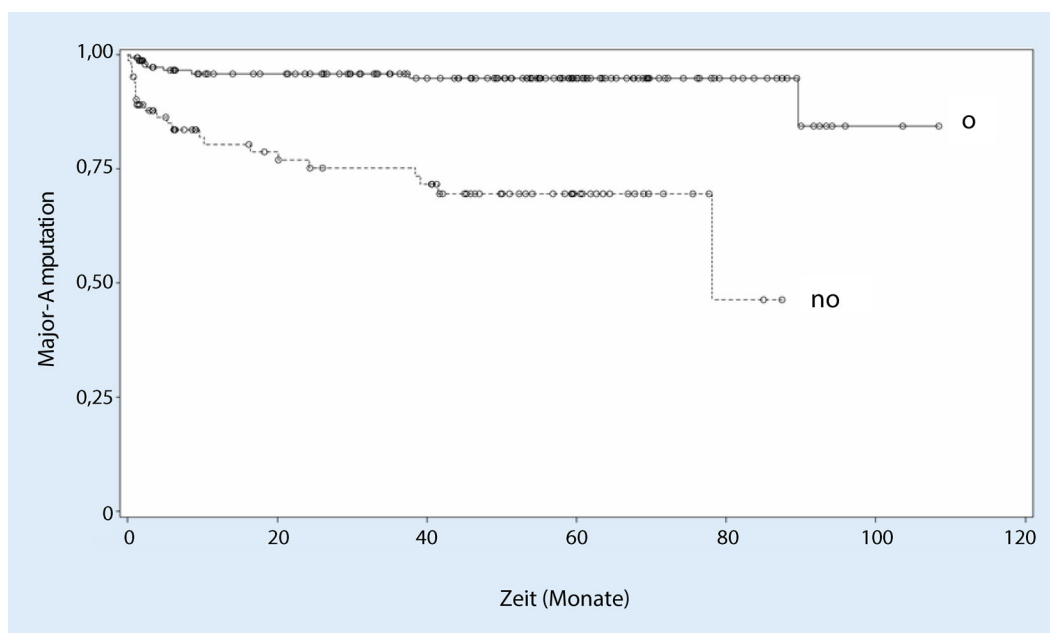
Die Diskrepanz zwischen zunehmendem Einsatz der PTA im Unterschenkelbereich und der Weiterentwicklung des Instrumentariums und trotzdem unsicherer Studienlage motivierte uns zur Aufarbeitung der durch uns durchgeführten Angioplastien am Unterschenkel. Für die Beschreibung und Analyse der behandelten Läsionen benutzten wir die „Guidelines for Percutaneous Transluminal Angioplasty“ des „Standards of Practice Committee of the Society of Cardiovascular and Interventional Radiology“, da in der Literatur nur hier klare Vorgaben zur Behandlung von Läsionen der Unterschenkelarterien vorhanden sind [5, 6].

Bull et al. [10] konnten schon vor mehr als 2 Jahrzehnten zeigen, dass durch PTA von Unterschenkelarterien ein hoher kumulativer klinischer Erfolg insbesondere bei kurzstreckigen Läsionen erzielt werden kann. Interessant war unsere Beobachtung im Rahmen der angiographischen Verlaufskontrollen, dass selbst bei komplettem Reverschluss der A. femoralis superficialis mit PTA behandelte Läsionen am Unterschenkel offen bleiben können (Abb. 9). In diesem Fall reichte also der Zustrom über Kollateralen aus, um eine dilatierte Läsion am Unterschenkel offen zu halten.

### AVK-Stadium II

Im AVK-Stadium II ist das Ziel, die schmerzfreie Gehstrecke zu erhöhen. Bei etwa einem Drittel unserer Patien-





**Abb. 8** ◀ Kaplan-Meier-Darstellung der Majoramputationen in Abhängigkeit vom Offenheitszustand der A. fibularis. Der Unterschied ist in der Regressionsanalyse statistisch hoch signifikant (eigenständiger p-Wert < 0,0001, Hazard Ratio = 0,159). o offen, no nicht offen

ten wurde die Indikation zur PTA bei AVK-Stadium II gestellt. Die Indikation wurde immer vorher intensiv interdisziplinär diskutiert, und alle Patienten boten ein Bild der schweren Claudicatio intermittens (Kategorie 3 nach Rutherford) bei hoher Erfolgsaussicht des endovaskulären Eingriffs. Bei keinem dieser 78 Eingriffe wurden klinisch relevante Komplikationen beobachtet. Die oben beschriebene Amputationen bei 4 Patienten mit ursprünglichem AVK-Stadium II wurden Monate und Jahre später im Rahmen einer Progredienz der AVK bei Multimorbidität und Zustand nach operativen Eingriffen klinisch notwendig.

Es bleibt die Frage, ob eine Majoramputation hätte verhindert werden können, wenn nach erfolgter PTA im Stadium II eine engmaschigere Kontrolle stattgefunden hätte. Unsere Patienten im Stadium IV stellen teilweise eine Negativauswahl dar, da auch Notfallpatienten aufgenommen wurden, welche mit schweren Ulzerationen bis hin zu Knochennekrosen behandelt wurden. In diesen Fällen handelte es sich um eine zu späte interventionelle Therapie, um eine Amputation zu vermeiden. Teilweise wurde lediglich versucht, der bereits indizierten Amputation eine bessere Wundheilung zu ermöglichen. Dies erklärt, warum 14 von 30, also fast die Hälfte (46,7 %) der

durchgeführten Majoramputationen, innerhalb der ersten 3 Monate nach PTA stattfanden.

### AVK-Stadium III und IV

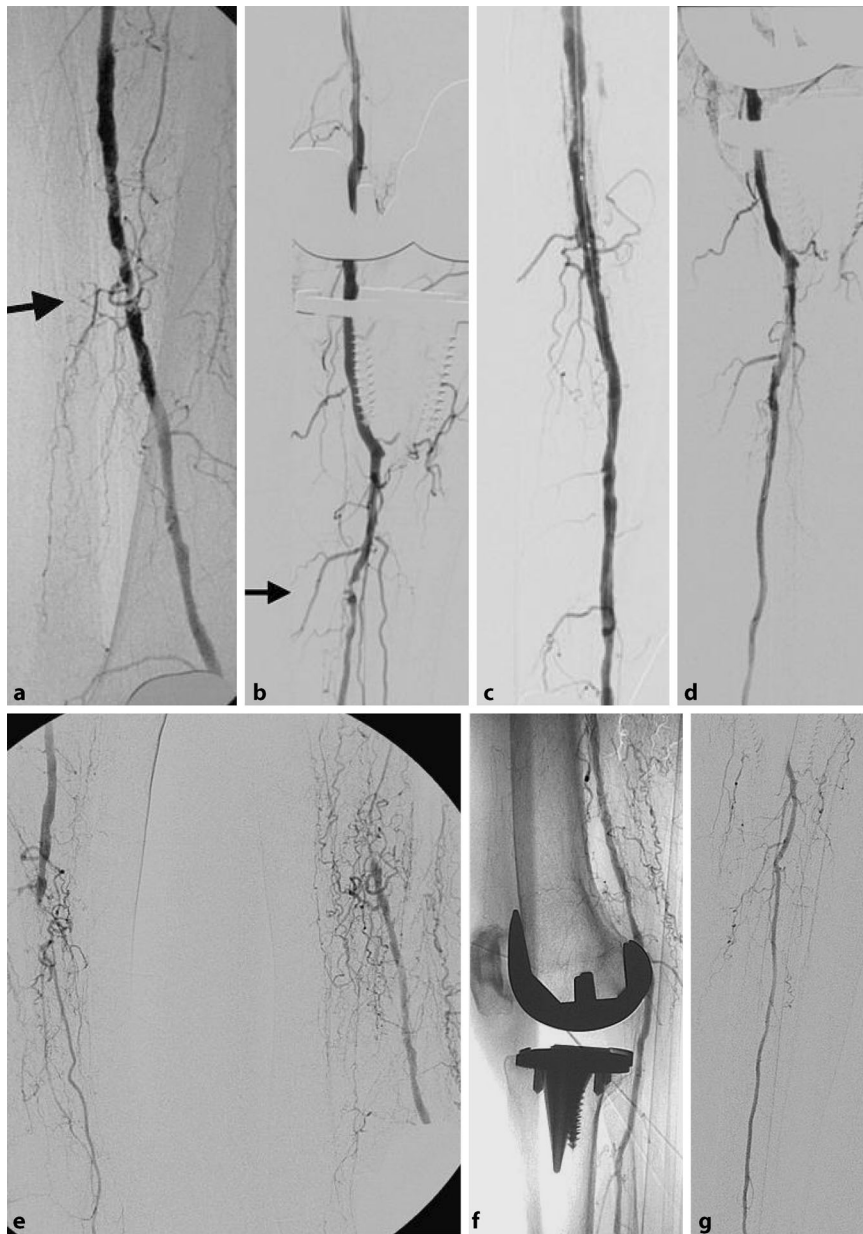
Ab Stadium III geht es um die Schmerzaufhebung oder zumindest Schmerzreduktion, die Ulkusabheilung und den Extremitätenerhalt. Wie lange die konservative Therapie ausreicht und ab wann eine Intervention nötig ist, sollte interdisziplinär diskutiert und vom Leidensdruck des Patienten abhängig gemacht werden [11]. Maßgebende Gesichtspunkte sind die Beschwerden und die Prognose einer konservativen Therapie des Patienten einerseits und die Erfolgsaussicht eines lumeneröffnenden Eingriffs andererseits. Das wichtigste Grundprinzip für die Revaskularisation im Stadium der kritischen Ischämie („critical limb ischemia“, CLI) ist der Anschluss der Fußarkade. Bei Patienten mit PAVK und CLI mit chronischer Perfusionsstörung ist die Wiederherstellung des Fußpulses das wichtigste Therapieziel zur Vermeidung einer Majoramputation [12].

Einige Studien im Rahmen einer endovaskulären Therapie haben einen Zusammenhang zwischen schlechtem Abstrom und frühem Rezidiv sowie Beineralterungsrate festgestellt [13–16].

### Unterschenkelarterien

Faglia et al. [14] untersuchten 2007 in einer Studie Diabetiker mit kritischer Extremitätenischämie, welche mittels peripherer PTA behandelt wurden. Von 420 Patienten erhielten 22 Patienten eine Majoramputation, wobei 15 dieser majoramputierten Patienten keine offene Unterschenkelarterie hatten, bei den restlichen 7 Unterschenkelarterien war nur die A. fibularis durchgängig, weshalb daraus geschlossen wurde, dass mindestens eine tibiale Arterie nötig sei, um einen Extremitätenerhalt zu gewährleisten [14]. Redlich et al. [16] stellten fest, dass mindestens eine tibiale Arterie offen sein sollte, da somit in 88,2 % der Fälle (15 von 17) eine Majoramputation vermieden werden konnte, während die allein offene A. fibularis in 72,7 % (8 von 11) zur Majoramputation führte. Allerdings wurde hier mit relativ kleinen Fallzahlen gearbeitet.

Es gab in den letzten Jahren aber auch Untersuchungen, welche die A. fibularis mit den tibialen Gefäßen gleich bzw. als vorteilhaft einschätzten [17–19]. Abularrage et al. [17] führten eine Studie zur Langzeitoffenheit nach PTA am Bein bei Eingefäßversorgung des Unterschenkels durch und fanden keinen Unterschied gegenüber dem Abstrom über die tibia-

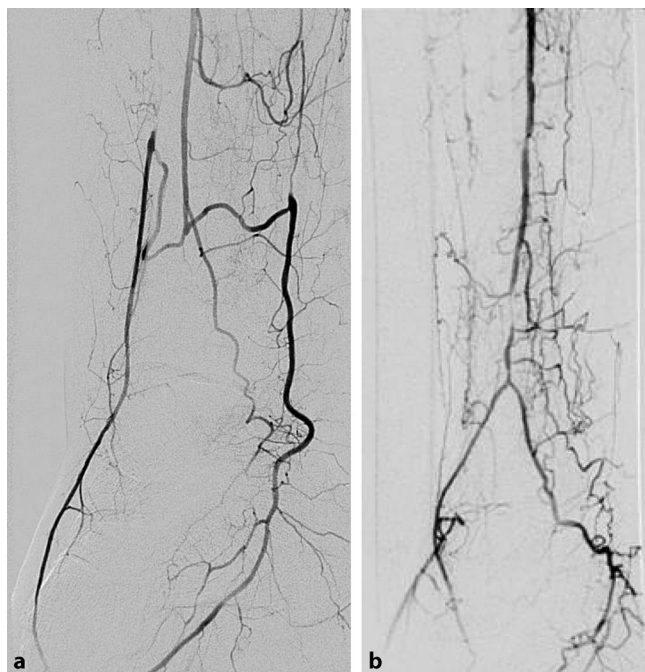


**Abb. 9a–g** ▲ 73-jährige Patientin mit AVK Stadium III (Fontaine) des linken Beins. Angiographische Verlaufskontrolle vor und nach PTA der Aa. femoralis superficialis und fibularis. Zustand nach Kniegelenkprothesenimplantation links. Es konnte langfristig das Fontaine-Stadium II gehalten werden bei Befundprogredienz der zuführenden Arterien. **a** Digitale Subtraktionsangiographie (DSA) mit Darstellung diffuser Plaquebildungen femoropopliteal und hochgradiger Stenose im Adduktorenkanal (Pfeil). **b** DSA der A. poplitea und der angrenzenden infrapoplitealen Arterien links. Die A. fibularis ist im Abgangsbereich hochgradig stenotisiert im Sinne einer SIR-Läsion Typ 1 (Pfeil) bei Eingefäßversorgung (die Aa. tibialis anterior et posterior sind komplett verschlossen). **c–d** DSA nach PTA der oben beschriebenen Stenosen mit gutem Ergebnis ohne Reststenosen. **e–g** Kontrolle 5 Jahre und 1 Monat nach PTA der Aa. femoralis superficialis und fibularis mit klinischer Besserung zum Fontaine-Stadium II. Angiographisch deutliche Befundprogredienz im Bereich der Oberschenkelarterien mit Verschluss der A. femoralis superficialis links oberhalb der behandelten Läsionen. Die A. poplitea wird links teilweise durch die Kniegelenkprothese verdeckt (**e**). Seitliche Angiographie der linken Kniegelenkregion (**f**) ohne Hinweis auf hochgradige Stenosen der A. poplitea infragenual. Trotz Befundprogredienz mit Verschluss der vorgeschalteten A. femoralis superficialis ist die A. fibularis 5 Jahre und 1 Monat nach PTA offen geblieben (**g**). PTA perkutane transluminale Angioplastie, SIR Society of Interventional Radiology

len Unterschenkelgefäße. Da die A. fibularis seit langem als distaler Bypassanschluss geschätzt wird, als endovaskuläres Zielgefäß aber wenig untersucht ist, führten Dosluoglu et al. [18] hierzu eine Studie durch und fanden keinen Unterschied zwischen den Gruppen mit Eingefäßversorgung über die A. fibularis und den restlichen Abstromvarianten. Hering et al. [19] untersuchten bei 44 Patienten die Langzeitergebnisse nach PTA der A. fibularis bei Eingefäßversorgung und fanden einen Zusammenhang zwischen klinischem Erfolg und Kollateralisation vom Knöchel zum Fuß, welcher über den Phasenverlauf der Dopplerkurve gemessen wurde. Beim Vergleich mit anderen Studien, insbesondere englischsprachigen, ist zu beachten, dass manchmal der Ausdruck „tibiales Gefäß“ als Synonym für Unterschenkelgefäß (also auch der A. fibularis) gebraucht wird.

### A. fibularis

Besonders hervorzuheben ist jedoch in unserer Studie die Bedeutung der A. fibularis, welche gegenüber den beiden tibialen Arterien in Bezug auf den Beinerhalt offen einen deutlichen Vorteil darstellte. War u. a. die A. fibularis nach der ersten PTA offen (unabhängig von der Offenheit der tibialen Arterien), kam es nur bei 5,1 % (8 von 156) der Beine zu einer Majoramputation. War die A. fibularis verschlossen (unabhängig von der Offenheit der tibialen Arterien), war im weiteren Verlauf in 26,5 % (22 von 83) der Fälle eine Majoramputation nötig. War hingegen u. a. eine der tibialen Arterien offen oder verschlossen (unabhängig von der A. fibularis), bewegte sich die Majoramputationshäufigkeit zwischen 11 und 14 %. Somit bestand in unserer Studie ein vermindertes Risiko, eine Majoramputation zu erleiden, sobald die A. fibularis offen war. Der Unterschied war auch statistisch hoch signifikant, sowohl in der Einzelanalyse ( $p < 0,0001$ , Hazard Ratio = 0,136), als auch in der Multivarianzanalyse ( $p < 0,0001$ , Hazard Ratio = 0,159). Dies



**Abb. 10a–b** ▲ Beispiele für die Kollateralisationsbereitschaft der A. fibularis bei Verschlussymptomatik der Aa. tibialis anterior und posterior mit Ausbildung kaliberkräftigen Kollateraläste und Auffüllung der Aa. tibialis anterior und posterior kurz oberhalb der Fußarkade (a). Auch wenn die A. fibularis primär im distalen Unterschenkel verdämmert und keine kräftige Strombahn in den Fuß besitzt (b), hat sie oft ein breit gefächertes feines Abstromgebiet und die Möglichkeit zur zahlreichen Kollateralenausbildung auch nach ventral und dorsal mit Auffüllung der Fußarkade, auch wenn die tibialen Arterien verschlossen sind (b)

stellt einen erstaunlichen Unterschied zu vergleichbaren Studien dar.

Wir haben 2 nahe liegende Erklärungen für die zentrale Bedeutung der A. fibularis in Bezug auf den Beinerhalt. Erstens ist die A. fibularis entwicklungsgehistorisch die älteste Arterie, sodass atherosklerotische und degenerative Wandveränderungen spät auftreten und somit wahrscheinlich ein fortgeschrittenes Stadium der Makro- und Mikroangiopathie widerspiegeln. Zweitens kann bei Verschlussymptomatik der A. tibialis anterior und/oder A. tibialis posterior eine offene und gut perfundierte A. fibularis kräftige Kollateraläste (Abb. 10a) abgeben und die Fußarterien auffüllen [19]. Auch wenn die A. fibularis primär im distalen Unterschenkel verdämmert und keine kräftige Strombahn in den Fuß besitzt, hat sie oft ein breit gefächertes feines Abstromgebiet und die Möglichkeit zu zahlreicher Kollateralenausbildung auch nach ventral und dorsal und auch zu der

Fußarkade, wenn beide tibialen Arterien verschlossen sind (Abb. 10b). Diese Kollateralisationsbereitschaft macht die A. fibularis zu einer wichtigen Strombahn und trägt maßgeblich zum peripheren Gewbeerhalt bei, insbesondere bei Beeinträchtigung der tibialen Gefäße [19].

Da die Durchblutung des Fußes so abhängig ist von einer freien Strombahn, ist vor einer Intervention die Analyse der angiographischen Versorgung des Fußes unbedingt erforderlich. Nur so kann ermittelt werden, inwieweit eine Kollateralisation der Fußarterien von den Unterschenkelarterien her möglich ist. Hilfreich sind hier die Untersuchungen von Alexandrescu u. Hubermont [20] zur Ulkusabheilung. Die Autoren zeigten, dass mit gezielter PTA der beeinträchtigten Gefäße eines Angiosoms, in dem sich ein Ulkus befindet, dieses schneller zur Abheilung gebracht werden kann.

Unser Nachweis, dass eine dialysepflichtige Niereninsuffizienz eine negative prognostische Variable für das Überle-

ben und für den Beinerhalt darstellt bzw. der Zustand nach Majoramputation eine negative prognostische Variable für das Überleben ist, deckt sich mit den Erfahrungen von Schwarzbach et al. [21] sowie den früheren Zahlen von Leers et al. [22].

## Fazit für die Praxis

- Die PTA ist die Standardtherapie zur Claudikationsbehandlung.
- Die SIR-Klassifikation beinhaltet auch Empfehlungen speziell für den Unterschenkel.
- Mit steigender SIR-Klasse ebenso wie mit steigendem Fontaine-Stadium nimmt die primäre Offenheit ab.
- Bei Dialysepatienten ist die nachgewiesene primäre Offenheit hoch signifikant kürzer als für Nichtdialysepatienten.
- Bei offener A. fibularis sinkt die Majoramputationshäufigkeit.
- Dialysepatienten haben ein signifikant erhöhtes Risiko zum vorzeitigen Versterben.
- Im AVK-Stadium II ist das Ziel, die schmerzfreie Gehstrecke zu erhöhen.
- Ab AVK-Stadium III geht es um Schmerzaufhebung oder zumindest Schmerzreduktion, Ulkusabheilung und Extremitätenerhalt.
- Zur Vermeidung einer Majoramputation ist bei Patienten mit PAVK und CLI mit chronischer Perfusionsstörung die Wiederherstellung des Fußpulses wichtigstes Therapieziel.
- Die Durchblutung des Fußes ist abhängig von einer freien Strombahn, deshalb ist vor einer Intervention die Analyse der angiographischen Versorgung des Fußes unbedingt erforderlich.

## Korrespondenzadresse

**Prof. Dr. I. K. Tesdal**

Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Nuklearmedizin, Klinikum Friedrichshafen  
Friedrichshafen  
Röntgenstr. 2, 88048 Friedrichshafen, Deutschland  
k.tesdal@klinikum-fn.de



## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** I. K. Tesdal, C. K. Krzemien und C. Weiss geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Alle im vorliegenden Manuskript beschriebenen Untersuchungen am Menschen wurden mit Zustimmung der zuständigen Ethik-Kommission, im Einklang mit nationalem Recht sowie gemäß der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt. Von allen beteiligten Patienten liegt eine Einverständniserklärung vor.

**Open Access.** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

## Literatur

1. Criqui MH, Fronek A, Barrett-Connor E et al (1985) The prevalence of peripheral arterial disease in a defined population. *Circulation* 71:510–515
2. Diehm C, Schuster A, Allenberg JR et al (2004) High prevalence of peripheral arterial disease and comorbidity in 6880 primary care patients: cross-sectional study. *Atherosclerosis* 172:95–105
3. Diehm C, Trampisch H-J (2009) Definition und Epidemiologie. *Vasa* 38:9–12
4. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA et al (2007) Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II). *J Vasc Surg* 45(Suppl 5):S5–S67
5. Spies JB, Bakal CW, Burke DR et al (1990) Guidelines for percutaneous transluminal angioplasty. standards of practice committee of the society of cardiovascular and interventional radiology. *Radiology* 177:619–626
6. Standards of Practice Committee of the Society of Cardiovascular and Interventional Radiology (1991) Standards for interventional radiology. *J Vasc Interv Radiol* 2:59–65
7. Tesdal IK, Jaschke W, Huck K (1994) Ballon-PTA versus lokale Thrombolyse: Technik, Früh- und Spätergebnisse, Risiken. *Med Bild* 11:21–35
8. Wagner H-J, El-Sheik M (2007) Indikation und Technik der kruralen PTA. *Gefäßchirurgie* 12:104–114
9. Wagner HJ, Rager G (1998) Infrapopliteale Angioplastie: die vergessene Region? *Rofo* 168:415–420
10. Bull PG, Mendel H, Hold M et al (1992) Distal popliteal and tibio-peroneal transluminal angioplasty: long-term follow-up. *J Vasc Interv Radiol* 3:45–53
11. Lawall H, Rümenapf G (2009) Therapie der PAVK. *Vasa* 38:23–25
12. Rümenapf G, Neufang A, Schmiedt W et al (2004) Gefäßchirurgie bei Diabetikern mit Fußproblemen. *Dtsch Arztebl* 133:348–3354
13. Alfke H, Vannucchi A, Froelich JJ et al (2007) Langzeitergebnisse nach Ballonangioplastie kruraler Arterien. *Rofo* 179:811–817
14. Faglia E, Clerici G, Clerissi J et al (2007) When is a technically successful peripheral angioplasty effective in preventing above-the-ankle amputation in diabetic patients with critical limb ischaemia? *Diabet Med* 24:823–829
15. Salapura V, Blinc A, Kozak M et al (2010) Infrapopliteal run-off and the outcome of femoropopliteal percutaneous transluminal angioplasty. *Vasa* 39:159–168
16. Redlich U, Xiong YY, Pech M et al (2011) Superiority of transcutaneous oxygen tension measurements in predicting limb salvage after below-the-knee angioplasty: a prospective trial in diabetic patients with critical limb ischemia. *Cardiovasc Intervent Radiol* 34:271–279
17. Abularrage CJ, Conrad MF, Haurani MJ et al (2011) Long-term outcomes of patients undergoing endovascular infrainguinal interventions with single-vessel peroneal artery runoff. *J Vasc Surg* 53:1007–1013
18. Dosluoglu HH, Cherr GS, Lall P, Harris (2008) Peroneal artery-only runoff following endovascular revascularizations is effective for limb salvage in patients with tissue loss. *J Vasc Surg* 48:137–143
19. Hering J, Angelkort B, Keck N et al (2010) Long-term outcome of successful percutaneous transluminal angioplasty of the fibular artery in diabetic foot syndrome and single-vessel calf perfusion depends on doppler wave pattern at the forefoot. *Vasa* 39:67–75
20. Alexandrescu V, Hubermont G (2011) Primary infraglenicular angioplasty for diabetic neuroischemic foot ulcers following the angiosome distribution: a new paradigm for the vascular interventionist? *Diabetes Metab Syndr Obes* 4:327–336
21. Schwarzbach MHM, Böckler D, Hergesell O et al (2004) Arterielle Rekonstruktion zum Extremitätenerhalt bei Dialysepatienten. *Gefäßchirurgie* 9:209–214
22. Leers SA, Reifsnnyder T, Delmonte R, Caron M (1998) Realistic expectations for pedal bypass grafts in patients with endstage renal disease. *J Vasc Surg* 28:976–980 (discussion 81–83)

## Lesetipp

### Hirntod



Seit Juli 2015 gelten für die Hirntoddiagnostik die neuen Richtlinien der Bundesärztekammer in ihrer 4. Fortschreibung. Der Focus der Zeitschrift *Der Nervenarzt* wurde daher in ihrer Ausgabe 02/2016 auf den Schwerpunkt „Hirntod“ gerichtet. Sie erhalten Informationen über die neuen Richtlinien und einen Überblick über den Stand der Diskussion zu diesem sensiblen Thema, das für alle Ärzte bei ihrer Arbeit im Klinikalltag eine wichtige Rolle spielt.

- Kommentar zur Stellungnahme des Ethikrates
- Vierte Fortschreibung der Richtlinie zur Feststellung des irreversiblen Hirnfunktionsausfalls. Verfahrensabläufe und Neuerungen
- EEG und Evozierte Potentiale zum Irreversibilitätsnachweis der klinischen Ausfallssymptome des Gehirns
- Angiographische Verfahren zur Feststellung des zerebralen Zirkulationsstillstandes
- Organspende nach Herz- und Kreislaufstillstand

Bestellen Sie diese Ausgabe zum Preis von 39,- EUR (zzgl. Versandkosten) bei Springer Customer Service Center Kundenservice Zeitschriften Haberstr. 7 69126 Heidelberg Tel.: +49 6221-345-4303 Fax: +49 6221-345-4229 E-Mail: [leserservice@springer.com](mailto:leserservice@springer.com)

Suchen Sie noch mehr zum Thema? Mit e.Med, dem Online-Paket von Springer Medizin, können Sie schnell und komfortabel in über 500 medizinischen Fachzeitschriften recherchieren.

Weitere Infos unter [springermedizin.de/eMed](http://springermedizin.de/eMed).